

2018年11月30日

日本学術会議 物理学委員会 天文学・宇宙物理学分科会
委員長 林正彦 殿

宇宙線研究者会議(CRC)

実行委員会委員長 西嶋恭司

将来計画検討小委員会委員長 伊藤好孝

マスタープラン 2020 へ向けた CRC からの
天文宇宙物理関連大型計画の推薦について

CRC では、マスタープラン 2020 に向けて貴分科会に LOI が提出された宇宙線研究に関わる将来計画、及び新規検討を要する現行計画についてオープンな形で議論と検討を行ってきた。それらの議論をもとに CRC 将来計画検討小委員会でさらに検討を重ねた。その結果を受けて、CRC 実行委員会の責任で CRC から以下の計画を推薦する。

推薦する計画：区分 I

A1) CRC の最重要課題として最優先で推す現行計画

- 「スーパーカミオカンデ」によるニュートリノ研究の新展開(SK)
- 大型低温重力波望遠鏡 KAGRA 計画(KAGRA)
- 大型先端検出器による核子崩壊・ニュートリノ振動実験(HK)

A2) CRC での最重要課題として速やかな実現を望む新規計画

- 極低放射能環境でのニュートリノ研究(KamLAND2-Zen)
- IceCube-Gen2 国際ニュートリノ天文台(IceCube-Gen2)

A3) 今回は最優先としないが、今後も展望を持って進めるべき計画

- 宇宙重力波望遠鏡 B-DECIGO
- LISA

推薦する計画：区分 II

A0) CRC の最重要課題として遅滞なく推進すべき現行計画

- CTA 国際宇宙ガンマ線天文台(CTA)

推薦を決定するまでの経緯

マスタープラン 2020 への大型計画の推薦を巡り、CRC では以下のようなアクションと議論を行った。

- 1) 天文学・宇宙物理学分科会の大型計画策定に向けた意思表示 (LOI) を CRC 会員に呼びかけ、現行 4 計画と新規 6 計画の計 10 計画が CRC 関連計画としてリストに掲載された。ここで現行計画とは、大規模学術フロンティア促進事業で支援後 10 年以上となる計画、マスタープラン 2017 で区分 II の計画、重点大型計画に掲載後予算措置のないまま 3 期を経た計画、を指す。
- 2) 10 月 20 日に本年度第一回 CRC 将来計画タウンミーティングを開催し、まず新規 6 計画 (IceCube-Gen2, KamLAND2-Zen, ALPACA, POEMMA, B-DECIGO, LISA) について議論を行った。ここで新規計画とはこれまでのマスタープランに掲載された計画を含んでいる。
- 3) さらに 11 月 18 日に第二回 CRC 将来計画タウンミーティングを開催し、現行 4 計画、すなわち SK, KAGRA, CTA, HK と、第一回で十分議論し切れなかった ALPACA, LISA, B-DECIGO について議論を行った。
- 4) これらについて将来計画検討小委員会と実行委員会の合同委員会を開催し、現行 4 計画、新規 5 計画に対して前述のようなカテゴリに分けて、CRC として学術会議へ推薦する計画を取りまとめた。ここで、現行計画と新規計画との優先順位については、まず現行計画の遅滞なき遂行を最優先とすることになった。

各計画の推薦理由

A1) CRC の最重要課題として最優先で推す現行計画

○「スーパーカミオカンデ」によるニュートリノ研究の新展開(SK)

SK は、反電子ニュートリノ観測の感度向上及びニュートリノと反ニュートリノの識別能力の向上を目的として、ガドリニウム添加による中性子タグ技術を導入する。その結果、超新星背景ニュートリノの世界初観測や近傍超新星の爆発予知の可能性が期待でき、ニュートリノ宇宙物理学で引き続き世界をリードする。また、中性子タグ技術の向上は、陽子崩壊探索の感度向上や、ニュートリノ振動解析の改善にも寄与し、T2K 実験における CP 対称性の破れやニュートリノ質量の階層性の研究において、世界のニュートリノ物理学研究を先導していくことが期待できる。SK タンクの補修や純水装置の改良はほぼ終了している。よって我々のコミュニティは、SK を大規模学術フロンティア促進事業の支援が 10 年を経過した後も中断なく推進すべき最重要の計画の一つとして推薦する。

○大型低温重力波望遠鏡 KAGRA 計画(KAGRA)

KAGRA は、超新星爆発や連星中性子星、連星ブラックホール、中性子星-ブラックホール連星の合体などで放射される重力波を検出することを目的としている。重力波の検出は、重力理論の検証だけでなく、重力波天文学という全く新しい宇宙の窓を開く。重力波天文学は、従来の天文学では到達できない、中性子星、ブラックホール、超新星爆発などの高密度天体現象の最深部の情報の観測手段として、天体物理学上高い価値を持つ。すでに LIGO-VIRGO が複数の重力波事象を検出したことは知られている通りであるが、KAGRA も LIGO-VIRGO とともに国際重力波観測ネットワークを形成するため、O3 観測へ向けた建設が順調に進んでいる。その後も観測性能を随時向上して、O4 以降も国際連携観測の推進を予定しており、CRC としては、国内での重力波観測へ向けて大規模学術フロンティア促進事業の支援が 10 年を経過した後も中断なく推進すべき最重要の計画の一つとして推薦する。

○大型先端検出器による核子崩壊・ニュートリノ振動実験(HK)

HK は、SK を遥かに凌駕する感度を持つ巨大検出器である。安定した大強度陽子ビームとの組み合わせにより、ニュートリノセクターにおける CP の破れや質量階層性に関する決定的な情報を得ることが可能となる。また、超新星ニュートリノの観測でも大きな力を発揮し、超新星爆発機構の解明や、超新星背景ニュートリノの観測から星やブラックホール誕生の歴史の解明にも寄与し得る。

すでに様々な R&D が進行しており、実験開始に向けた組織や国際協力体制の整備も進んでいる。東京大学による建設開始への意思表示も紹介され、実現へ向けた進展は順調である。マスタープラン 2017 では重点大型計画に採択され、来年度の概算要求に調査費が盛り込まれたが、CRC としては引き続き遅滞なく開始すべき最重要の計画の一つとして推薦する。

A2) CRC の最重要課題として速やかな実現を望む新規計画

○ 極低放射能環境でのニュートリノ研究(KamLAND2-Zen)

KamLAND 実験は、二重ベータ崩壊探索や地球ニュートリノ観測などで大きな成果をあげてきた。KamLAND2-Zen は、宇宙物質優勢の謎や軽いニュートリノ質量の謎に挑むため、エネルギー分解能を大幅に向上させ、1 トンの濃縮キセノンを用いてゼロニュートリノ二重ベータ崩壊を探索する。その他にも、地球ニュートリノの観測で世界をリードし、ニュートリノ地球科学を推進するなど、多目的の超低バックグラウンド検出器として極めてユニークかつ高性能である。将来のエネルギー分解能向上のための R&D も順調に進んでいる。したがって CRC は、KamLAND2-Zen を、最重要課題として速やかな実現を望む計画の一つとして推薦する。

○IceCube-Gen2 国際ニュートリノ天文台(IceCube-Gen2)

IceCube は、高エネルギー天体ニュートリノを世界で初めて検出し、高エネルギーニュートリノ天文学の端緒を開いた。特に、可視光観測、ガンマ線観測との連携で、ブレーザー天体 TXS 0506+056 を高エネルギー宇宙線放射天体として同定するという大きな成果を挙げている。高エネルギー宇宙線の起源は宇宙物理学上の最大の謎の一つであるが、本計画は IceCube 実験を 10 倍に拡張することによりこの謎に挑もうとするものである。高エネルギーニュートリノの観測は、電磁波や重力波も含むいわゆるマルチメッセンジャー天体物理学の一翼を担う重要なプローブであり、高エネルギー宇宙における非熱的物理現象の解明に欠かせない。IceCube-Gen2 Phase1 へ向け順調に進展しており、CRC は、最重要課題として速やかな実現を望む計画の一つとして IceCube-Gen2 を推薦する。

A3) 今回は最優先としないが、今後も展望を持って進めるべき計画

○ 宇宙重力波望遠鏡 B-DECIGO

○ LISA

B-DECIGO は 100km 基線長で 0.1Hz 帯に感度を持ち、LISA は 250 万 km 基線長で 0.1mHz 帯に感度を持つ、いずれもスペース重力波将来計画である。両者のカバーする波長帯の違いによって、B-DECIGO は連星中性子星合体の前兆信号や中間質量ブラックホールの合体の検出に、LISA は超大質量ブラックホール合体やコンパクト連星系からの重力波観測に、それぞれ特色がある。地上重力波望遠鏡を含めてそれぞれの目指すサイエンスゴールは相補的で、いずれも重要な計画であると認識している。B-DECIGO は国内中心で、LISA は ESA を中心に国際協力で推進されており、最近日本の参加の手続きも始まった。両計画の推進形態や規模、実現時期・可能性の違い等を議論し、また JGWC (Japan Gravitational-Wave Community) の見解を聞き取りさらに議論を深めた結果、B-DECIGO については「日本主導で遅滞なく実現を目指すべき計画」、LISA については「国際貢献として実現をめざす計画」として、両計画共に「今回は最優先としないが、今後も展望を持って進めるべき計画」として推薦する。

A0) CRC の最重要課題として遅滞なく推進すべき現行計画

○ CTA 国際宇宙ガンマ線天文台

区分 II の CTA は、大中小 3 種類の大気チェレンコフ望遠鏡を約 100 台設置し、超高エネルギーガンマ線を検出することにより、宇宙で生起する高エネルギー天体现象を解明することを目指す。特に、ダークマター探索、宇宙線源の同定、宇宙赤外背景放射の決定などユニークな可能性を提供する大規模の国際プロジェクトである。したがって、宇宙物理学、宇宙論、基礎物理学においてその科学的意義は極めて大きい。日本主導ですでに北半球(LaPalma)に 1 台の大口径望遠鏡(LST)を完成させ、2021 年には残りの 3 台が完成する予定である。CTA は北半球と南半球(Paranal)に設置されて初めて全天観測が可能となるため、南半球への拡張が必須である。よって CRC としては、遅滞なく推進すべき現行計画として、引き続き区分 II として推薦する。

付記 1

B) 大型科研費等により速やかな実現を目指すべき計画

予算規模の面からマスタープラン 2020 への推薦は行わないが、天文学宇宙物理学に重要であるため、科研費などの競争的資金で速やかに実現するべき計画として次の計画を推薦する。

○ALPACA 計画

ALPACA は、南半球での空気シャワーによる広視野 100TeV 領域ガンマ線観測を世界最高感度を目指す計画で、高高度であること、銀河中心の観測に有利であることなどが特色である。すでに前哨装置の建設が進んでおり、目指すサイエンスや実現可能性については問題なく、CRC として速やかな実現を促す。

付記 2

○飛翔体による超高エネルギー宇宙線観測 (POEMMA と 準備実験 EUSO-SPB2)について

衛星軌道からの最高エネルギー宇宙線空気シャワー観測を目指す国際共同実験への参加計画で、JEM-EUSO(K-EUSO)計画で培ったリソースを引き継ぐ計画である。目指すサイエンスゴールは重要で興味深い、国内での研究体制や国際貢献分の議論をまず確立する段階として、今回は推薦を見送ることとした。

付記 3

CRC からの推薦計画のうち、「大型先端検出器による核子崩壊・ニュートリノ振動実験」と「極低放射能環境でのニュートリノ研究」については、天文学・宇宙物理学に関して重要な意義を持つ計画である。これらは、素粒子・原子核物理分野にもより深く関わる計画であり、素粒子物理学・原子核物理学分科会を通して提案される予定である。したがって CRC からは、それぞれ「最重要であり遅滞なく開始すべき計画」「最重要課題として速やかに実現を望む計画」として、素粒子物理学・原子核物理学分科会に対しても推薦を働きかけることとした。

付記 4

CRC 実行委員会名簿（会員の選挙により毎年選出）

西嶋恭司（委員長、東海大学理学部）
荻尾彰一（大阪市立大学大学院理学研究科）
森正樹（立命館大学理工学部）
神田展行（大阪市立大学大学院理学研究科）
中畑雅行（東京大学宇宙線研究所）
手嶋政廣（東京大学宇宙線研究所）
田島宏康（名古屋大学宇宙地球環境研究所）
日比野欣也（神奈川大学工学部）
伊藤好孝（名古屋大学宇宙地球環境研究所）
櫛田淳子（東海大学理学部）
吉田龍生（茨城大学理学部）
山本常夏（甲南大学理工学部）
片寄祐作（横浜国立大学工学研究院）

CRC 将来計画検討小委員会名簿（実行委員会の諮問機関、委員は実行委員会により任命、2年任期）

伊藤好孝（委員長、名古屋大学宇宙地球環境研究所）
常定芳基（副委員長、大阪市立大学大学院理学研究科）
田島宏康（名古屋大学宇宙地球環境研究所）
都丸隆行（高エネルギー加速器研究機構）
田村忠久（神奈川大学工学部）
河合誠之（東京工業大学理学院）
小林隆（高エネルギー加速器研究機構）
藤田裕（大阪大学大学院理学研究科）
久野純治（名古屋大学大学院理学研究科）
郡和範（高エネルギー加速器研究機構）
梶田隆章（東京大学宇宙線研究所・所長）
中畑雅行（オブザーバー、東京大学宇宙線研究所）
釜江常好（アドバイザー、東大理・SLAC）

以上